

НОВЫЙ МЕТОД СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Корнилов И.Н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
проспект Мира, 19, Екатеринбург, Свердловская обл., 620002, Россия
тел.: 89001990815, e-mail: ilya238@rambler.ru

Аннотация — В данной работе предлагается новый метод использования занятых частотных полос для скрытой передачи сигналов. Показана возможность применения данного метода в полосе частот звукового сопровождения аналогового ТВ.

THE NEW METHOD OF HIDDEN SIGNALS TRANSMISSION

Kornilov I.N.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
pr. Mira, 19, Yekaterinburg, Sverdlovsk region, 620002, Russian Federation
ph.: 89001990815, e-mail: ilya238@rambler.ru

Abstract — In this paper, we propose a new method of using frequency bands employed for secure communication signals. The possibility of using this method in the sound band of analog TV.

I. Введение

Проблема недостатка частотного ресурса для новых радиоэлектронных систем становится всё более актуальной. Существующие методы одновременного использования одной полосы частот несколькими системами основаны на поиске частотно-временных окон молчания. Когда есть такое окно в работе одной системы, другая система занимает его.

Предлагаемый метод использования занятого частотного ресурса пользователями допускает вторичное использование занятого диапазона одновременно с использованием его по основному назначению.

Метод основывается на следующих положениях:

- выбирается полоса частот, в которой временной сигнал первичного пользователя является существенно негауссовским процессом;
- вторичный пользователь использует эту полосу частот для передачи цифровых данных;
- уровень сигнала вторичного пользователя выбирается ниже уровня сигнала первичной сети на 20 дБ и более с целью исключения мешающего действия первичному пользователю;
- на приёмной стороне вторичного пользователя используются алгоритмы, рассчитанные на оптимальный приём вторичного сигнала на фоне первичного, который рассматривается в виде негауссовской помехи.

II. Основная часть

Данные положения могут быть применены к частотному ресурсу аналогового ТВ. Статистический анализ ТВ сигнала в полосе частот звукового сопровождения для разных каналов ТВ показывает, что он является процессом с рэйсовским распределением огибающей. На рис. 1 показана временная реализация огибающей такого сигнала для одного из каналов ТВ (сигнал записан в полосе 83,65...83,85 МГц) на интервале длительностью 20 секунд. На рис. 2 показана гистограмма огибающей, построенная по записанному фрагменту.

Вторичный пользователь передаёт информацию одним из методов фазовой манипуляции. Полоса сигнала вторичного пользователя должна быть уже

полосы первичного сигнала — звукового сопровождения аналогового ТВ. Поэтому можно считать, что приём вторичного сигнала производится на фоне широкополосной негауссовской помехи. В состав помехи входит сигнал первичного пользователя и сторонние помехи. Отношение сигнал/помеха на входе приёмника вторичного пользователя составляет не более минус 20 дБ.

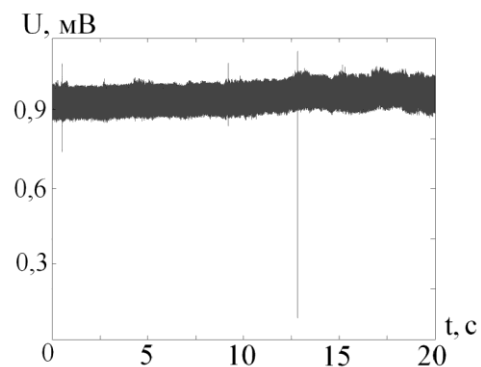


Рис. 1. Временная реализация огибающей сигнала

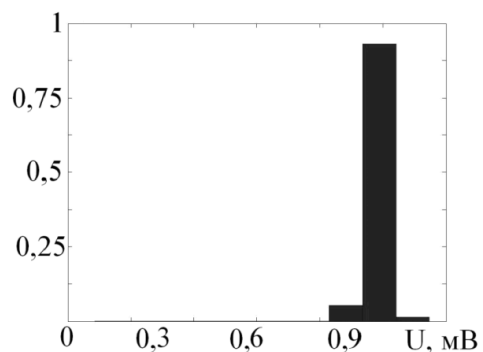


Рис. 2. Гистограмма огибающей сигнала

Практический вариант приёмника вторичного пользователя, эффективного для таких условий приёма, имеет схему, показанную на рис. 3. Здесь БНО — блок нелинейной обработки, СД — синхронный детектор, БТС — блок тактовой синхронизации, ПУ — пороговое устройство. В приёмнике применяется интегратор со сбросом. Обоснование схемы приёмника, следующей за БНО, дано, например, в [2]. Наличие БНО обусловлено “негауссовостью” помехи и обосновано в [3].

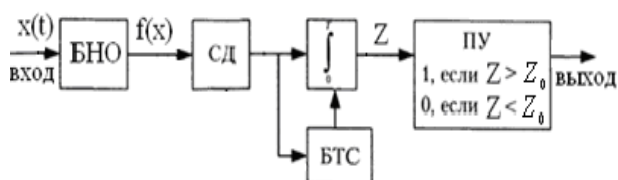


Рис.3. Схема квазиоптимального приёмника во вторичной сети

На входе приёмника вторичного пользователя колебание $x(t)$ является аддитивной смесью полезного сигнала вторичной сети $S2(t)$, сигнала первичного пользователя $S1(t)$ и сторонних помех $n(t)$. От вида одномерной плотности вероятности W_A огибающей этой смеси зависит вид нелинейной безынерционной обработки $f(x)$ [3]. На вход ПУ подаётся результат Z когерентного накопления принимаемого сигнала $x(t)$, после его предварительной нелинейной обработки $f(x)$, на временном интервале $(0-T)$ ожидания передаваемого сигнала $S2(t)$.

Блок БНО может быть реализован по схеме рис. 4 [3].

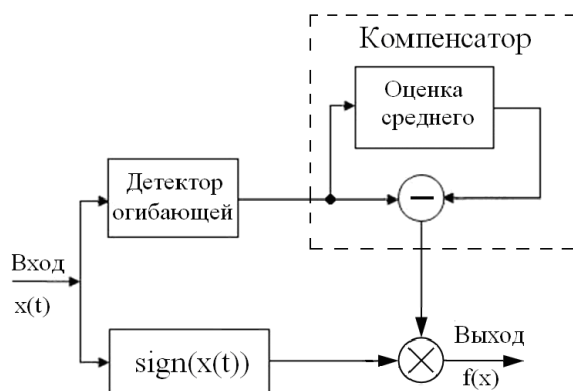


Рис.4. Блок БНО

Для подтверждения предлагаемого метода было выполнено полунатурное моделирование приёмника на рис. 3. Целью моделирования была оценка максимальной скорости передачи дискретных данных во вторичной сети на фоне реальных сигналов ТВ в полосе звукового сопровождения.

В качестве сигнала первичного пользователя $S1(t)$ рассматривается реальный сигнал в полосе частот звукового сопровождения выбранной программы аналогового ТВ. В этом сигнале присутствует также составляющая $n(t)$, которая соответствует возможным помехам окружающей среды.

Сигнал $S2(t)$ моделируется в виде радиоимпульсов длительностью T на временном интервале $0 < t < T$ и в полосе сигнала $S1(t)$. Сдвиг фазы φ при переходе от передачи «1» к передаче «0» принят равным π . Тактовая синхронизация считается установленной. Пороговое значение принято равным $Z_0 = 0$.

Для выбора амплитуды сигнала $S2(t)$ проводилось измерение уровня мощности $P1$ сигнала $S1(t)$. Амплитуда $AS2$ сигнала $S2(t)$ принималась равной $\sqrt{2P1/100}$.

Исследовалась зависимость вероятности ошибки РОШ на символ во вторичной сети от скорости $V = 1/T$ передачи данных. Скорость передачи устанавливалась выбором длительности T сигнала

$S2(t)$. Вероятность ошибки на символ оценивалась по массиву переданных символов размером $N = 20V$.

Результаты моделирования приведены на рис. 5 для настройки частоты f_0 вторичного сигнала на центральную частоту полосы первичного сигнала. График 1 получен для приёмника на рис. 2 с линейным коррелятором (без БНО), а график 2 — для приёмника с БНО, построенном по схеме рис.3. Если компенсатор в БНО заменить фильтром верхних частот с частотой среза 10 Гц, получаем график 3. Из сравнения этих графиков можно сделать вывод, что применение БНО в приёмнике вторичного пользователя значительно увеличивает скорость передачи и снижает вероятность ошибки.

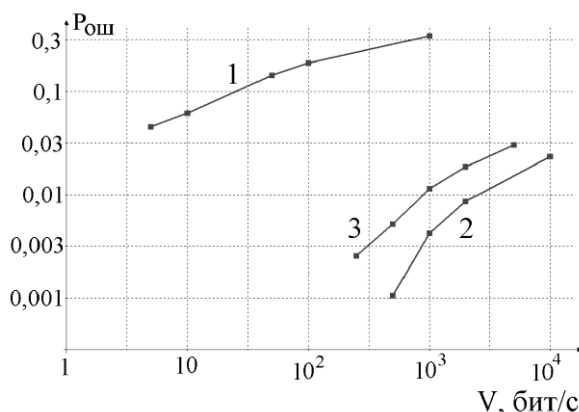


Рис.5. Скорость передачи данных во вторичной сети. 1 – приёмник без БНО; 2, 3 – приёмник с БНО.

III. Заключение

Полученные в данной работе результаты показывают, что предложенный метод эффективен и может применяться в различных системах. Основным условием для применения метода является существенно негауссовский процесс в выбираемой для передачи данных полосе частот.

В работе было показано, что полосу частот звукового сопровождения ТВ можно использовать одновременно по основному назначению и для передачи данных вторичными пользователями. При этом мешающее действие вторичных сигналов на приём ТВ программ практически отсутствует. Это утверждение основано на том факте, что уровень вторичных сигналов по отношению к первичным выбирается меньше минус 20 дБ. При таком уровне помехи на входе частотного детектора (ЧД) приёмника ТВ, отношение сигнал/помеха на выходе ЧД будет составлять 30-40 дБ [4]. Такого отношения достаточно для качественной передачи звукового сопровождения.

IV. Литература

- [5] Gurianov I.O. Cognitive radio / Journal «Electrosvia», 2012. № 8.
- [6] [Kamnev V.E., Cherkasov V.V., Chechin G.V. Satellite communication networks: tutorial. - M.: "Alpina Publisher", 2004. - 536.
- [7] Valeev V. G. Nonlinear signal processing. - M: «Radiotekhnika», 2013. - 120.
- [8] Zuko A.G., Klovski D.D., Korgik V. I., Nazarov M.V. Theory of electric communication: Textbook for universities / ed. Klovsky DD - M.: Radio and Communications, 1999. - 432.